

**PENGARUH BESAR BUTIR ALUMINIUM TERHADAP NILAI
KEKERASAN, KEAUSAN, DAN KOEFISIEN
GESEK KAMPAS REM**



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Oleh:

PRASETYO EKOUTOMO

D200130093

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH BESAR BUTIR ALUMINIUM TERHADAP NILAI
KEKERASAN, KEAUSAN, DAN KOEFISIEN
GESEK KAMPAS REM**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

PRASETYO EKO UTOMO
D 200 130 093

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen pembimbing



Ir. Pramuko Ilmu Purboputro, MT

HALAMAN PENGESAHAN
PENGARUH BESAR BUTIR ALUMINIUM TERHADAP NILAI
KEKERASAN, KEAUSAN, DAN KOEFISIEN
GESEK KAMPAS REM


OLEH
PRASETYO EKO UTOMO

D 200 130 093

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin
Univesitas Muhammadiyah Surakarta
pada hari Sabtu, tanggal 21 Oktober 2017
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan penguji:

1. Ir. Pramuko Ilmu Purboputro, MT.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Patna Partono, ST., MT.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Masyrukan, ST., MT.
(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)


(.....)


(.....)

Dekan,




Ir. Sri Sunarjono, MT. Ph. D.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 21 Oktober 2017

Penulis



Prasetyo Eko Utomo

D 200 130 093

PENGARUH UKURAN BESAR BUTIR ALUMINIUM TERHADAP NILAI KEKERASAN, KEAUSAN, DAN KOEFISIEN GESEK KAMPAS REM

ABSTRAK

Pada penelitian ini menggunakan bahan karbon sekam padi, fiberglass, barium sulfat, kalsium karbonat dan serbuk aluminium (Al) dengan ukuran butir 50,60,80, dan 100 mesh dengan matriks polyester yang akan diuji dengan metode pengujian kekerasan dengan standar ASTM D2240, foto mikro, keausan dan koefisien gesek pada kondisi kering, kondisi pengaruh air, dan kondisi pengaruh oli. Dari hasil uji kekerasan didapatkan nilai kekerasan tertinggi dari variasi kampas dengan aluminium mesh 100 yaitu 87,61. Hasil pengujian gesek nilai keausan tertinggi pada semua kondisi dari variasi mesh 100 yaitu 10,977, 22,641, dan 24,699. Dari hasil pengujian gesek didapatkan nilai koefisien gesek tertinggi pada kondisi kering dan kondisi pengaruh air pada variasi aluminium mesh 100 dengan nilai 0,884 dan 0,834, sedangkan pada kondisi pengaruh oli nilai koefisien gesek tertinggi pada variasi aluminium mesh 80 yaitu 0,846. Dari hasil pembahasan hasil pengujian disimpulkan bahwa adanya pengaruh besar butir aluminium terhadap nilai kekerasan, keausan, dan koefisien gesek pada kampas rem.

Kata Kunci: Karbon Sekam Padi, Serbuk Aluminium, Kekerasan, Keausan, Koefisien Gesek, Polyester

ABSTRACT

In this research using carbon husk rice, fiber glass, barium sulphate, calcium carbonate and aluminium powder (Al) with grain size 50,60,80, and 100 mesh with polyester matrix which will be tested by hardness testing method with ASTM D2240 standard, micro photo, weariness and coefficient of friction on dry conditions, water effect condition, and oil effect condition. From the results of hardness test obtained the highest hardness value of variation of the canvas with aluminium mesh 100 is 87.61. The results of the highest swing test of all conditions of the mesh variations of 100 are 10.977, 22.641, and 24.699. From friction test result got the highest coefficient of friction on dry condition and condition of influence of water on aluminium mesh 100 variation with value 0,884 and 0,834, whereas at condition of influence of oil value of coefficient of friction highest at aluminium mesh 80 variation is 0,846. From the results of the discussion of the test results concluded that the influence of large aluminium grain on the value of hardness, wear and friction coefficient on brake pads.

Keywords: Rice Husk Carbon, Aluminium Powder, Hardness, Weariness, Coefficient of friction, Polyester.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring perkembangan zaman kemajuan teknologi semakin pesat, terutama dalam bidang komposit. Kampas rem merupakan salah satu komponen yang berfungsi untuk memperlambat atau menghentikan laju kendaraan. Pemakaian kampas rem biasanya tidak lebih dari 6 bulan atau bahkan kurang. Itu terjadi karena kampas rem ausnya tidak merata, sehingga kurang efektif dalam pengereman. Kekuatan bahan komposit partikel rem, sangat dipengaruhi besar partikel, bahan matriknya dan proses pembuatannya, maka diambil langkah untuk mengatasi hal tersebut dengan membuat kampas rem dengan menggunakan bahan karbon sekam padi, *fiberglass*, barium sulfat, kalsium karbonat dan serbuk aluminium (*Al*) dengan ukuran butir *mesh* 50,60,80, dan 100 dengan matriks *polyester*.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian, yaitu:

- 1) Adakah pengaruh ukuran besar butir aluminium terhadap nilai kekerasan variasi kampas rem ?
- 2) Adakah pengaruh ukuran besar butir aluminium terhadap nilai keausan variasi kampas rem ?
- 3) Adakah pengaruh ukuran besar butir aluminium terhadap koefisien gesek variasi kampas rem ?

1.3. Batasan Masalah

Untuk mengurangi kompleksitas permasalahan serta menentukan arah penelitian yang lebih baik maka ditentukan batasan masalah sebagai berikut:

- 1) Bahan yang diuji adalah karbon sekam padi, barium sulfat, kalsium karbonat, *fiberglass*, serbuk aluminium (*Al*), bermatriks *polyester*.
- 2) Pengujian sifat mekanik dibatasi pada pengamatan struktur mikro permukaan, pengujian koefisien gesek dan keausan pada kondisi

kering, pengaruh air, pengaruh oli dan uji kekerasan dengan standar ASTM D2240.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah di atas, maka tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini, sebagai berikut:

- 1) Mengetahui nilai kekerasan pada tiap variasi kampas dibandingkan dengan kampas yang ada dipasaran.
- 2) Mengetahui nilai keausan pada tiap variasi kampas dibandingkan dengan kampas yang ada dipasaran.
- 3) Mengetahui nilai koefisien gesek pada tiap variasi kampas dibandingkan dengan kampas yang ada dipasaran

1.5. Tinjauan Pustaka

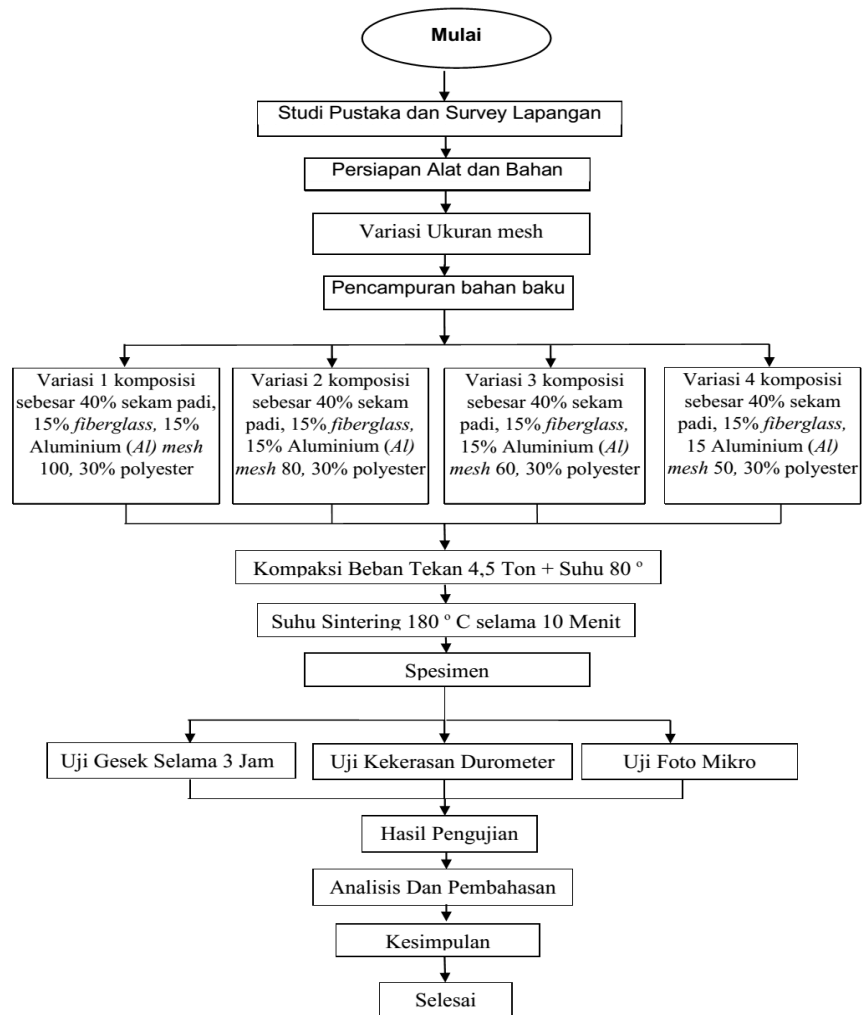
Nanang (2005), bahan komposit sebenarnya banyak sekali terdapat di alam, karena bahan komposit bisa terdiri dari organik dan anorganik seperti bambu, kayu, daun, dan sebagainya. Secara tidak sadar sebenarnya kita telah mengenal berbagai jenis komposit. Seseorang memperkuat tanah liat dengan jerami, merupakan komposit yang sudah lama dikenal.

Muhammad Abdul S (2009), dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa harga kekerasan dapat disebabkan oleh campuran bahan penyusun dan kerapatan campuran. Serbuk aluminium cukup mempengaruhi harga keausan karena bahan logam bergesekan dengan bahan logam dapat menimbulkan panas dan tingkat keausan yang tinggi. Selain itu, semakin tinggi persentase serbuk aluminium juga dapat mempengaruhi nilai keausan kampas.

Pramuko I.P., Imam (2009), melakukan penelitian tentang kampas rem gesek dengan memberikan peningkatan sintering. Dengan semakin tinggi suhu sintering berpengaruh pada tingkat keausan. Jika semakin tinggi suhu sinteringnya maka menyebabkan nilai keausan meningkat. Maka keausan semakin tinggi. Peningkatan suhu sintering juga berpengaruh pada kekerasan kampas. Semakin tinggi suhu sinteringnya maka nilai kekerasannya akan semakin menurun.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.2. Bahan dan Alat

2.2.1. Bahan

- Fiberglass*
- Polyester* BQTN 157
- Serbuk aluminium
- Barium sulfat
- Karbon sekam padi

- f. Calcium carbonat (CaCO_3)
- g. Resin Epoxy
- h. Plat kampas honda

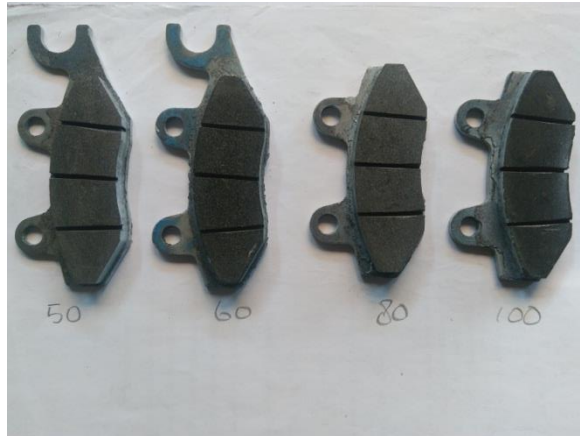
1.2.3. Alat

- a. Mesin press
- b. Cetakan (*dies*)
- c. Unit pemanas (*heater*)
- d. Unit pengontrol suhu (*thermocontrol*)
- e. Non-contact infrared thermometer
- f. Digital tachometer
- g. Clamp meter
- h. Vernier caliper (jangka sorong)
- i. Timbangan digital
- j. Oven
- k. Blender
- l. Alat uji gesek
- m. Alat uji kekerasan (*durometer shore D*)
- n. Alat uji foto mikro

2.3. Langkah Penelitian

2.3.1. Prosedur Pembuatan Kampas

Penelitian kampas rem ini menggunakan kampas rem variasi ukuran besar butir aluminium 24 spesimen. Enam spesimen dari masing-masing jenis variasi kampas rem digunakan untuk pengujian gesek, satu spesimen dari masing-masing jenis variasi kampas rem digunakan untuk pengujian kekerasan *durometer shore D*.



Gambar 2 Kampas Rem Variasi Ukuran Besar Butir Aluminium

- 1) Mempersiapkan bahan dan alat
- 2) Setelah bahan-bahan siap maka dilakukan penimbangan menggunakan timbangan digital sesuai dengan komposisi masing-masing bahan.
- 3) Kemudian proses pencampuran bahan-bahan material kering, dicampur dengan menggunakan mesin blender agar hasil dari pencampuran material dapat bercampur secara merata seperti *fiberglass*, serbuk aluminium, *barium sulfat*, *graphite*, *calcium carbonate*.
- 4) Setelah bahan-bahan kering tercampur semua, selanjutnya mencampur dengan polyester secara manual di aduk-aduk sampai merata, kemudian bahan dimasukkan kedalam cetakan yang sebelumnya telah dipasang plat kampas sebagai tempat bahan kampas rem yang telah diberi perekat.
- 5) Langkah selanjutnya yaitu pengepresan dengan beban 4.5 ton selama 15 menit dengan suhu 80° C, lalu kampas dilepas dari cetakan dan disintering di oven dengan suhu 180° C dengan waktu 10 menit.
- 6) Setelah dicetak dan di oven kampas rem kemudian melakukan pengujian kekerasan, foto mikro sebelum pengujian gesek,

pengujian gesek, foto mikro setelah pengujian gesek, setelah itu diambil data dari pengujian tersebut.

2.3.2. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui hasil kekerasan dari kampas rem pada beberapa bagian sehingga dapat diketahui distribusi kekerasan rata-ratanya dari semua bagian yang di uji. Kekerasan merupakan ketahanan bahan terhadap goresan atau penetrasi pada permukaanya. Pengujian kekerasan menggunakan *durometer shore D*.

2.3.3. Pengujian Gesek

Pengujian gesek dilakukan untuk mengetahui nilai keausan dan koefisien gesek kampas rem. Untuk menghitung nilai keausan menggunakan rumus:

$$Keausan = \frac{(T_0 - T_1)A}{t}$$

Dimana :

T_0 = Tinggi awal kampas (mm)

T_1 = Tinggi akhir kampas (mm)

t = Lama waktu pengujian (Jam)

A = Luas permukaan kampas (mm²)

Sedangkan untuk mencari nilai koefisien gesek menggunakan rumus :

$$\mu = \frac{T}{2 \times Fn \times r}$$

Dimana :

μ =Koefisien gesek

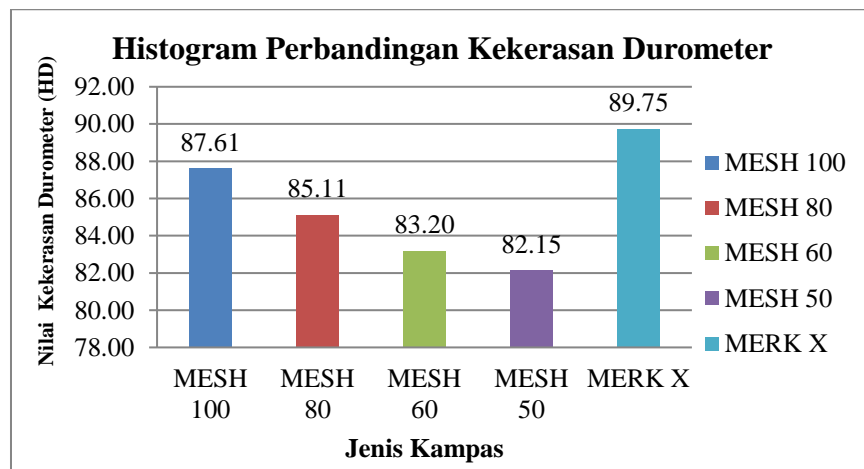
T=Torsi (N.m)

F_n =Beban (N)

r=Jarak dari titik pembebanan ke kampas (m)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

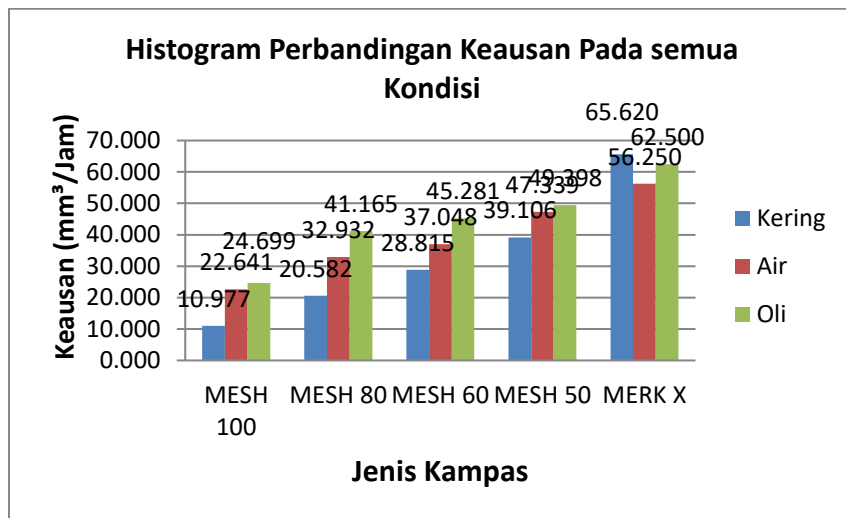
3.1. Hasil Pengujian Kekerasan *Durometer Shore D*



Gambar 3 Histogram Perbandingan Kekerasan *durometer shore D*

Dari hasil pengujian kekerasan ini didapatkan nilai kekerasan variasi kampas dengan aluminium *mesh* 100 sebesar 87,61, variasi aluminium *mesh* 80 sebesar 85,11, variasi aluminium *mesh* 60 sebesar 83,20, variasi aluminium *mesh* 50 sebesar 82,15 dan kampas dengan *merk x* sebesar 89,75. Dari seluruh pengujian didapatkan nilai kekerasan tertinggi pada kampas dengan *merk x* dikarenakan pengikatan pada pencampuran bahan lebih merata menjadikan struktur kampas menjadi padat dan keras. Selain itu pencampuran bahan, tekanan saat proses kompaksi, dan lamanya waktu pada saat kompaksi dapat mempengaruhi perbedaan nilai kekerasan.

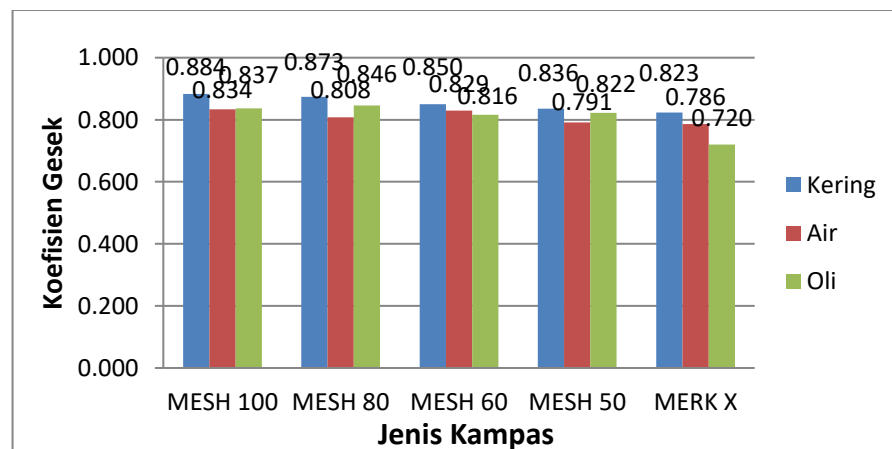
3.2. Hasil Perhitungan Pengujian Gesek Nilai Keausan Rata-rata



Gambar 4 Histogram Hasil Perbandingan Keausan Pada Semua Kondisi

Dari hasil pengujian keausan kampas menunjukkan bahwa kampas dengan variasi aluminium *mesh* 100 lebih kecil pada semua kondisi yaitu 10,977 mm³/jam kondisi kering, 22,641 mm³/jam kondisi pengaruh air, dan 24,699 mm³/jam kondisi pengaruh oli dikarenakan ukuran butiran aluminium lebih kecil menyebabkan struktur kampas yang padat dan mempunyai struktur permukaan yang lebih rata sehingga pori-pori pada permukaan lebih kecil dapat memperlambat laju keausan kampas.

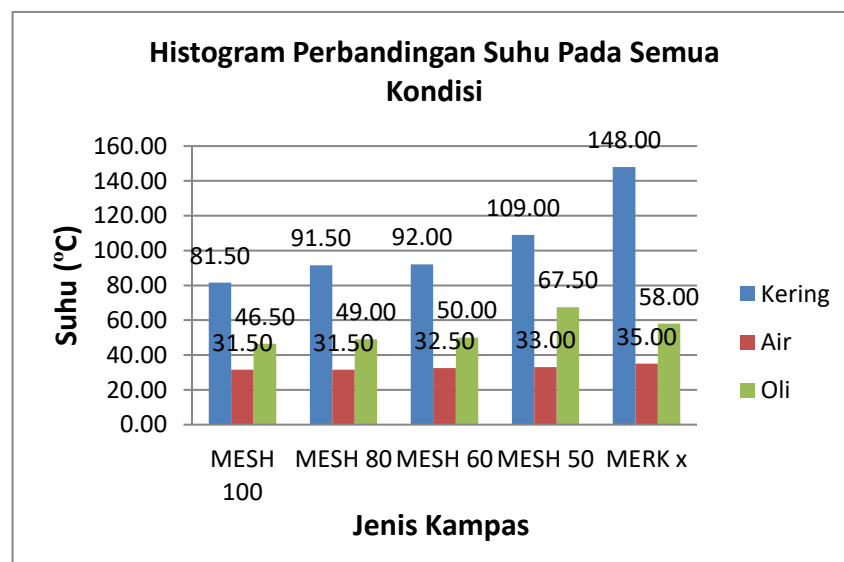
3.3. Hasil Perhitungan Pengujian Gesek Nilai Koefisien Gesek Rata-rata



Gambar 5 Histogram Hasil Perhitungan Pengujian Gesek Nilai Koefisien Gesek Rata-rata

Dari hasil pengujian gesek menunjukkan nilai koefisien gesek tertinggi pada kondisi kering dan kondisi pengaruh air pada variasi aluminium *mesh* 100 dengan nilai 0,884 dan 0,834, sedangkan pada kondisi pengaruh oli nilai koefisien gesek tertinggi pada variasi aluminium *mesh* 80 yaitu 0,846. Nilai koefisien gesek pada kondisi pengaruh oli lebih tinggi dari pada kondisi pengaruh air dikarenakan debit air lebih banyak. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien gesek variasi aluminium lebih besar dibandingkan kampas *merk X*. Hal ini disebabkan karena butiran aluminium yang kecil menyebabkan ikatan antar partikel sangat rapat dan keras sehingga meningkatkan nilai koefisien gesek.

3.4. Hasil Pengamatan Suhu Akhir

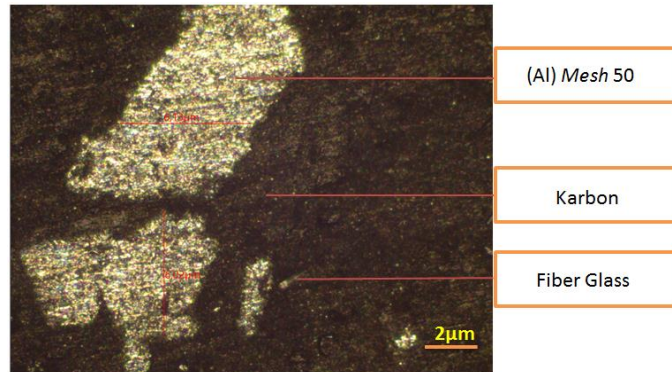


Gambar 6 Histogram Perbandingan Suhu Pada Semua Kondisi

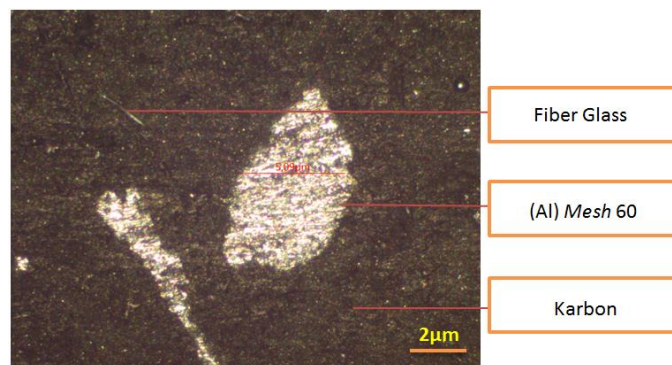
Hasil dari data diatas menunjukkan bahwa suhu variasi aluminium 100 *mesh* lebih kecil pada kondisi kering dan kondisi pengaruh oli, itu karena ukuran butir aluminium yang lebih kecil. Pada pengujian pengaruh air variasi aluminium *mesh* 100 dan 80 mempunyai suhu yang sama. Pada kampas merk X didapatkan suhu akhir lebih tinggi dikarenakan komposisi logam lebih sedikit, jadi ukuran butir aluminium mempengaruhi suhu kampas, semakin kecil ukuran butiran aluminium maka suhu kampas semakin rendah, karena mudah menyerap dan membuang panas.

3.5. Hasil Pengujian Foto Mikro

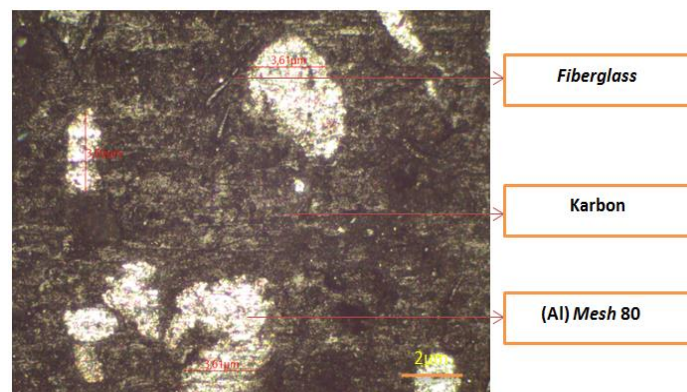
3.5.1. Foto Mikro Kampas Sebelum Pengujian Gesek



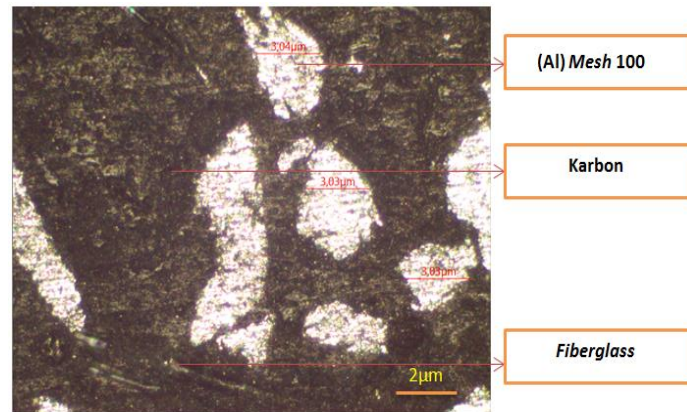
Gambar 7 Foto Mikro dengan Variasi Aluminium *Mesh* 50
Pembesaran 100x



Gambar 8 Foto Mikro dengan Variasi Aluminium *Mesh* 60
Pembesaran 100x



Gambar 9 Foto Mikro dengan Variasi Aluminium *Mesh* 80
Pembesaran 100x

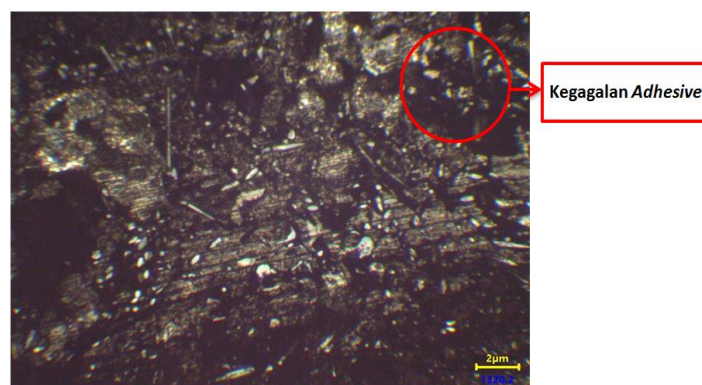


Gambar 10 Foto Mikro dengan Variasi Aluminium *Mesh* 100
Pembesaran 100x

Dari pengujian struktur mikro tiap variasi sebelum pengujian gasek dapat terlihat bentuk struktur ukuran butiran tiap partikel maupun serat. Pada variasi ukuran butir 100 *mesh* terlihat jelas aluminium berwarna putih mengkilap dengan ukuran sekitar 149 μm , variasi aluminium 80 *mesh* dengan ukuran sekitar 177 μm , variasi aluminium 60 *mesh* dengan ukuran sekitar 250 μm , dan variasi aluminium *mesh* 50 dengan ukuran sekitar 297 μm . Semakin kecil ukuran butiran partikel maka akan semakin besar nilai kekerasan, dan begitu pula sebaliknya.

Serbuk karbon pada foto mikro terlihat telah bercampur dengan resin *polyester* secara merata mengikat serbuk aluminium dan *fiberglass*.

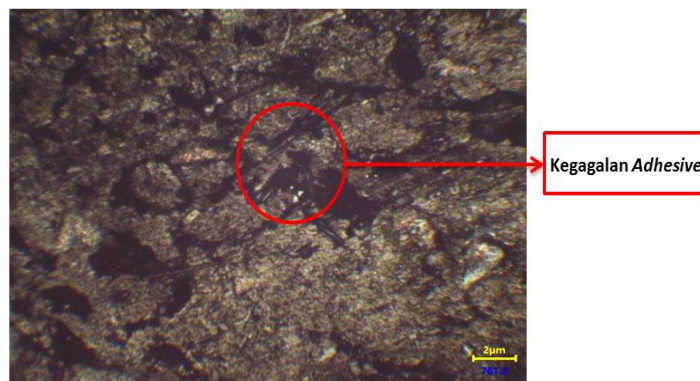
3.5.2. Foto Mikro Kampas Sesudah Pengujian Gesek



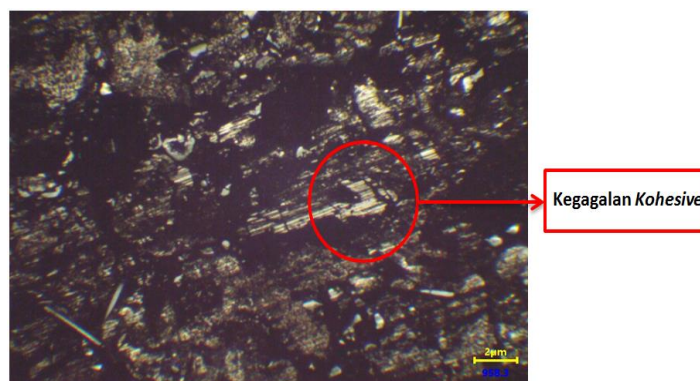
Gambar 11 Foto Mikro dengan Variasi Aluminium *Mesh* 50
Pembesaran 100x



Gambar 12 Foto Mikro dengan Variasi Aluminium *Mesh* 60
Pembesaran 100x



Gambar 13 Foto Mikro dengan Variasi Aluminium *Mesh* 80
Pembesaran 100x



Gambar 14 Foto Mikro dengan Variasi Aluminium *Mesh* 100
Pembesaran 100x

Dari hasil foto mikro sesudah pengujian gesek selama 3 jam dengan beban 15 kg terlihat jelas pada permukaan pada semua variasi terdapat bekas gesekan. Pada variasi aluminium mesh 50 dan 80 terjadi kegagalan adhesive yaitu lepasnya serbuk penguat (aluminium) dari permukaan

kampas karena ikatan dipermukaan antara polyester dengan serbuk aluminium kurang kuat. Sedangkan pada variasi aluminium mesh 60 dan 100 terjadi kegagalan kohesive yaitu fenomena pecah patahnya ikatan polyester pada kampas rem yang kurang kuat dan juga dapat dikarenakan oleh serbuk aluminium yang bersifat lebih kuat dari polyester sehingga tampak dalam foto mikro dengan pembesaran 100 kali dapat dilihat adanya bagian dari kampas rem yang pecah dan terlepas dari permukaan kampas setelah pengujian gesek.

4. PENUTUP

4.2 Kesimpulan

- 1) Nilai kekerasan variasi kampas dengan aluminium *mesh* 100 sebesar 87,61, variasi aluminium *mesh* 80 sebesar 85,11, variasi aluminium *mesh* 60 sebesar 83,20, variasi aluminium *mesh* 50 sebesar 82,15 dan kampas dengan *merk x* sebesar 89,75. Dari seluruh pengujian didapatkan nilai kekerasan tertinggi pada kampas dengan *merk x* dikarenakan pengikatan pada pencampuran bahan lebih merata menjadikan struktur kampas menjadi padat dan keras. Selain itu pencampuran bahan, tekanan saat proses kompaksi, dan lamanya waktu pada saat kompaksi dapat mempengaruhi perbedaan nilai kekerasan.
- 2) Hasil pengujian keausan kampas menunjukkan bahwa kampas dengan variasi aluminium *mesh* 100 lebih kecil pada semua kondisi yaitu 10,977 mm³/jam kondisi kering, 22,641 mm³/jam kondisi pengaruh air, dan 24,699 kondisi pengaruh oli dikarenakan ukuran butiran aluminium lebih kecil menyebabkan struktur kampas yang padat sehingga dapat memperlambat laju keausan kampas. Jadi besar butir aluminium sangat berpengaruh terhadap nilai keausan kampas rem.
- 3) Hasil pengujian gesek menunjukkan nilai koefisien gesek tertinggi pada kondisi kering dan kondisi pengaruh air pada variasi aluminium *mesh* 100 dengan nilai 0,884 dan 0,834, sedangkan pada kondisi pengaruh oli nilai koefisien gesek tertinggi pada variasi aluminium *mesh* 80 yaitu 0,846. Nilai koefisien gesek pada kondisi pengaruh oli lebih tinggi dari pada kondisi

pengaruh air dikarenakan debit air lebih banyak. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien gesek variasi aluminium lebih besar dibandingkan kampas *merk* X. Hal ini disebabkan karena butiran aluminium yang kecil menyebabkan ikatan antar partikel sangat rapat dan keras sehingga meningkatkan nilai koefisien gesek.

4.2 Saran

- 1) Pada saat proses pencampuran bahan serbuk diharapkan menggunakan mesin mixer yang kapasitasnya lebih besar, sehingga bahan dapat tercampur dengan rata.
- 2) Pada saat proses kompaksi menentukan suhu harus dengan teliti, karena akan menentukan hasilnya.
- 3) Pada proses pengujian perlu dilakukan pengujian dengan standar yang lain, agar kampas yang dihasilkan lebih baik dapat bersaing dipasaran.

PERSANTUNAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu dan tanpa halangan yang berarti dengan judul “Pengaruh Besar Butir Aluminium Terhadap Nilai Kekerasan, Keausan Dan Koefisien Gesek Kampas Rem”.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir penulis sadar banyak hambatan dan kesulitan yang dialami. Bantuan dorongan semangat serta bantuan baik moril maupun materil tidak lepas dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

- 1) Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat, nikmat, dan kasih sayang-Nya.
- 2) Ibu dan Bapak serta keluarga tercinta atas segala perhatian, doa, dan dukungan yang selalu diberikan baik moril maupun materil.
- 3) Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D sebagai Dekan Fakultas Teknik Universita Muhammadiyah Surakarta.

- 4) Bapak Ir. Subroto, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 5) Bapak Ir. Pramuko Ilmu Purboputro, MT., selaku pembimbing tugas akhir.
- 6) Bapak Bambang Waluyo F, ST., MT., yang telah bersedia meminjamkan alat-alat dalam proses pembuatan spesimen hingga selesai.
- 7) Semua pihak yang telah membantu, semoga Allah membalas kebaikanmu. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca akan penulis terima dengan senang hati.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM D2240-Durometer Hardness

Abdul Siswandono, M., 2009. *Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Terhadap Ketahanan Aus Bahan Rem Gesek Sepatu*. Laporan Tugas Akhir Fakultas Teknik Mesin UMS, Agustus 2009, Surakarta.

Blau, P. J., 2009, *Friction Science and Technology*, CRC Press, New York.

Calister, Mc. Graw Hill. 2005. *Material Science*, London.

German, R.M., 1984. *Powder Metallurgy Science. Metal Powder Industries Federation. Princeton*, New Jersey.

Gustav Niemann, Mc. Graw Hill 1981. *Design of Machine Elemen*, India.

Pramuko I.P., Imam Setiyanto, 2009. *Pengaruh Variasi Temperatur Sintering Terhadap Ketahanan Aus Bahan Rem Gesek Sepatu*. Laporan Tugas Akhir Fakultas Teknik Mesin UMS, Agustus 2009, Surakarta.

<http://komposit alam, Nanang 2005>

http://en.wikipedia.org/wiki/Polyester_resin

www.scribd.com/doc/21704473/uji-keausan

http://www.google.com/_Barium_sulfat_artikel.html

<http://m-edukasi.kemdikbud.go.id>